

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Inventor :Hidehiko NAKATA, et al.
Filed :Concurrently herewith
For :OPTICAL WAVELENGTH SWITCH
Serial Number :Concurrently herewith

March 11, 2004

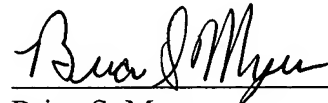
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

PRIORITY CLAIM AND
SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

S I R:

Applicant hereby claims priority under 35 USC 119 from **Japanese** patent application number **2003-185190** filed **June 27, 2003**, a copy of which is enclosed.

Respectfully submitted,



Brian S. Myers
Reg. No. 46,947

Customer Number:
026304
Docket No.: FUJH 21.010

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 6月27日
Date of Application:

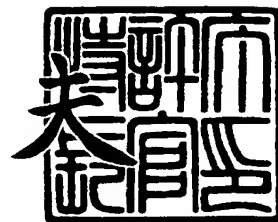
出願番号 特願2003-185190
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-185190]

出願人 富士通株式会社
Applicant(s):

2003年12月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2003-3101995

【書類名】 特許願

【整理番号】 0253606

【提出日】 平成15年 6月27日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 6/26

【発明の名称】 平面光回路構造を有する光波長スイッチ

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 井出 聡

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 寺田 浩二

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 中田 英彦

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100094514

【弁理士】

【氏名又は名称】 林 恒徳

【選任した代理人】

【識別番号】 100094525

【弁理士】

【氏名又は名称】 土井 健二

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 030708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704944

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 平面光回路構造を有する光波長スイッチ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 及び第 2 のスラブ導波路と、

前記第 1 及び第 2 のスラブ導波路に接続されるアレイ導波路と、

前記第 2 のスラブ導波路の前記アレイ導波路が接続される側と反対側に配置され、複数の反射ミラーを有する可動ミラーアレイと、

前記第 1 のスラブ導波路の前記アレイ導波路が接続される側と反対側に、波長多重された入力光信号を入力し、更に前記入力光信号の波長分離された光信号を出力する光導波路を有し、

前記可動ミラーアレイを構成する複数の反射ミラー位置に前記第 2 のスラブ導波路からの出力光の焦点を有し、前記複数の反射ミラーの設定される反射方向により前記第 2 のスラブ導波路に反射入力される光信号の方路を切り替えることを特徴とする光波長スイッチ。

【請求項 2】 請求項 1 において、

前記可動ミラーアレイを構成する複数の反射ミラーは、凹み形状の反射面を有し、前記反射ミラーの反射角度は、前記凹み形状の反射面を光軸と垂直方向に移動することにより設定されることを特徴とする光波長スイッチ。

【請求項 3】 請求項 2 において、

前記可動ミラーアレイと前記第 2 のスラブ導波路の間に空間を有し、且つ前記凹み形状部に、前記第 2 のスラブ導波路と同一構造のクラッド層とコア層を有することを特徴とする光波長スイッチ。

【請求項 4】

基板上に形成された平面導波路を有する光波長スイッチであって、

前記平面導波路は、入出力導波路と、前記入出力導波路に接続する第 1 のスラブ導波路と、前記第 1 のスラブ導波路に一方側を接続するアレイ導波路と、前記アレイ導波路の他方側を接続する第 2 のスラブ導波路とを備えた少なくとも一つの導波路型回折格子を有し、

更に、前記基板に片持ち梁状に支持された可動部と、
前記第2のスラブ導波路の端面に対向するように前記可動部の先端部に形成された反射ミラーを有し、

前記反射ミラーは、前記可動部に前記第2のスラブ導波路の端面に対向するようにエッチングにより凹面を有する溝を形成することにより得られ、前記凹面で前記第2のスラブ導波路の端面から出力する光を全反射するように構成されていることを特徴とする光波長スイッチ。

【請求項5】

基板上に形成された平面導波路を有する光波長スイッチであって、
基板上に形成された犠牲層上に、アンダークラッド層と、前記アンダークラッド層上に形成されたコア層及び前記コア層上に形成されたオーバークラッド層をそれぞれ有する、入出力導波路と、前記入出力導波路に接続する第1のスラブ導波路と、前記第1のスラブ導波路に一方側を接続するアレイ導波路と、前記アレイ導波路の他方側を接続する第2のスラブ導波路とを備えた導波路型回折格子と、

前記導波路型回折格子と同じ前記アンダークラッド層と、前記コア層及び前記オーバークラッド層を有する、一端が前記基板に固定された可動梁を有し、

前記可動梁の先端部に前記第2のスラブ導波路の端面に対向する反射ミラーを有し、前記反射ミラーの位置が光軸と垂直方向に移動可能に設定されることを特徴とする光波長スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信などに用いる平面光回路構造を有する光波長スイッチに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、通信容量が爆発的に増大しており、これに答えるため波長分割多重変調(WDM: Wavelength Division Multiplexing)を用いた大容量のフォトニック

ネットワークの構築が進められている。WDMフォトリックネットワークの効率の良い構成のためには、光伝送路途中に置かれる光挿入分岐モジュール（OADM: Optic Add-Drop Module）や、光クロスコネクタモジュールを実現する波長スイッチが必要不可欠となる。

【0003】

図1は、光挿入分岐モジュール10を説明する図であり、前段ノードからの波長多重された入力光を入力ポート11に、該当ノードにおける特定波長の挿入(Add)光を挿入ポート12に入力する。また、出力側ポート13に入力光11の一部及び挿入光12がそのまま通過(Through)出力され、分岐ポート14には、入力光11の一部の特定の波長光が分岐(Drop)される。

【0004】

かかる光挿入分岐モジュール10における光信号の挿入(Add)、通過(Through)及び、分岐(Drop)の機能は、波長スイッチにより実現される。従来のかかる機能を有する波長スイッチは、図2に示すような構成が知られている(特許文献1)。

【0005】

図2に示す構成は、回折格子(分光機能)101とスイッチング機能を有するMEMS(Micro-Electro Mechanical System)ミラー102と集光レンズ103の組み合わせで構成される。

【0006】

回折格子101により入力光(IN)と挿入光(ADD)を波長ごとに分光し、集光レンズ103を通して、MEMSミラー102に入力する。MEMSミラー102において、ミラー角度を制御することにより出力(OUT)ポートまたは分岐(DROP)ポートに振り分けが可能である。

【0007】

ここで、WDM伝送システムの小型低コスト化のために、図1により説明した光挿入分岐モジュール10の機能を、一括プロセスを用いて大量生産が可能な平面光導波路(Planar Lightwave Circuit)型機能集積素子で実現することが、望まれている。

【0008】

【特許文献1】

米国特許 5,960,133 号公報

【0009】**【発明が解決しようとする課題】**

しかし、図2に示す従来例のような構成の回折格子101とMEMSミラー102の組み合わせでは、回折格子101から出た光をMEMSミラー102上に集光するために集光レンズ103やMEMSミラー102に対する高精度の位置あわせが必要である。

【0010】

このために、組み立て工数が非常に大きく、低コスト化が困難であるという問題が存在する。また3次元空間に光を伝播させるため小型、薄型化するのは非常に困難である。

【0011】

したがって、本発明の目的は、上記の不都合を解決する、組み立て工数の低減、低コスト化を実現できる平面光回路構造を有する光波長スイッチを提供することにある。

【0012】**【課題を解決するための手段】**

上記の本発明の課題を達成する平面光回路構造を有する光波長スイッチの第1の態様は、第1及び第2のスラブ導波路と、前記第1及び第2のスラブ導波路に接続されるアレイ導波路と、前記第2のスラブ導波路の前記アレイ導波路が接続される側と反対側に配置され、複数の反射ミラーを有する可動ミラーアレイと、

前記第1のスラブ導波路の前記アレイ導波路が接続される側と反対側に、波長多重された入力光信号を入力し、更に前記入力光信号の波長分離された光信号を出力する光導波路を有し、前記可動ミラーアレイを構成する複数の反射ミラー位置に前記第2のスラブ導波路からの出力光の焦点を有し、前記複数の反射ミラーの設定される反射方向により前記第2のスラブ導波路に反射入力される光信号の方路を切り替えることを特徴とする。

【0013】

上記の本発明の課題を達成する平面光回路構造を有する光波長スイッチの第2の態様は、第1の態様において、前記可動ミラーアレイを構成する複数の反射ミラーは、凹み形状の反射面を有し、前記反射ミラーの反射角度は、前記凹み形状の反射面を光軸と垂直方向に移動することにより設定されることを特徴とする。

【0014】

上記の本発明の課題を達成する平面光回路構造を有する光波長スイッチの第3の態様は、第2の態様において、前記可動ミラーアレイと前記第2のスラブ導波路の間に空間を有し、且つ前記凹み形状部に、前記第2のスラブ導波路と同一構造のクラッド層とコア層を有することを特徴とする。

【0015】

上記の本発明の課題を達成する平面光回路構造を有する光波長スイッチの第4の態様は、基板上に形成された平面導波路を有する光波長スイッチであって、前記平面導波路は、入出力導波路と、前記入出力導波路に接続する第1のスラブ導波路と、前記第1のスラブ導波路に一方側を接続するアレイ導波路と、前記アレイ導波路の他方側を接続する第2のスラブ導波路とを備えた少なくとも一つの導波路型回折格子を有し、更に、前記基板に片持ち梁状に支持された可動部と、前記第2のスラブ導波路の端面に対向するように前記可動部の先端部に形成された反射ミラーを有し、前記反射ミラーは、前記可動部に前記第2のスラブ導波路の端面に対向するようにエッチングにより凹面を有する溝を形成することにより得られ、前記凹面で前記第2のスラブ導波路の端面から出力する光を全反射するように構成されていることを特徴とする。

【0016】

上記の本発明の課題を達成する平面光回路構造を有する光波長スイッチの第5の態様は、第4の態様において、前記コア層とクラッド層は、屈折率が1.4142以上であり、前記凹面を有する溝が空気層を形成し、前記可動部の前記凹面から前記第2のスラブ導波路の端面に向かう側の領域において前記第2のスラブ導波路の端面から前記凹面に入射する光の入射角度が45度以上となるように、前記前記第2のスラブ導波路の端面と前記凹面の位置関係が設定されていることを特徴とする。

【0017】

上記の本発明の課題を達成する平面光回路構造を有する光波長スイッチの第6の態様は、基板上に形成された平面導波路を有する光波長スイッチであって、基板上に形成された犠牲層上に、アンダークラッド層と、前記アンダークラッド層上に形成されたコア層及び前記コア層上に形成されたオーバークラッド層をそれぞれ有する、入出力導波路と、前記入出力導波路に接続する第1のスラブ導波路と、前記第1のスラブ導波路に一方側を接続するアレイ導波路と、前記アレイ導波路の他方側を接続する第2のスラブ導波路とを備えた導波路型回折格子と、前記導波路型回折格子と同じ前記アンダークラッド層と、前記コア層及び前記オーバークラッド層を有する、一端が前記基板に固定された可動梁を有し、前記可動梁の先端部に前記第2のスラブ導波路の端面に対向する反射ミラーを有し、前記反射ミラーの位置が光軸と垂直方向に移動可能に設定されることを特徴とする。

【0018】

上記の本発明の課題を達成する平面光回路構造を有する光波長スイッチの第7の態様は、第6の態様において、前記反射ミラーは、前記第2のスラブ導波路の端面に向かう面が凹面に形成されていることを特徴とする。

【0019】

上記の本発明の課題を達成する平面光回路構造を有する光波長スイッチの第8の態様は、第6の態様において、前記導波路型回折格子と前記反射ミラーとの間に前記犠牲層までエッチングされた溝による空気層を有し、前記反射ミラーの反射面は、前記可動部のアンダークラッド層の一部にまで達するエッチングにより形成された溝の前記第2のスラブ導波路の端面に向かう溝壁に高反射膜を成膜して形成されていることを特徴とする。

【0020】

上記の本発明の課題を達成する平面光回路構造を有する光波長スイッチの第9の態様は、第4の態様において、前記導波路型回折格子を2個有し、2個の前記第1のスラブ導波路は、一部に共通部を有し、前記入出力導波路と接続される端面が異なるように一体化され、2個の前記第2のスラブ導波路は、一部に共通部を有し、それぞれ異なる反射ミラーアレイと接続される端面が異なるように一体

化されていることを特徴とする。

【0021】

上記の本発明の課題を達成する波長スイッチ機能を有する光機能デバイスの製造方法は、シリコン基板に、GSG（ゲルマニウム添加シリカガラス）からなる犠牲層を形成する工程と、BPSG（ボロン・リン添加シリカガラス）またはPSG（リン添加シリカガラス）からなるアンダークラッド層及びオーバークラッド層及び前記アンダークラッド層及びオーバークラッド層の間に形成されるGPSG（ゲルマニウム・リン添加シリカガラス）からなるコア層を有する導波路構造を形成する工程と、前記オーバークラッド層及びアンダークラッド層又はコア層を前記犠牲層に達するまで異方性エッチングして可動部の形状と導波路端面を形成する工程と、前記可動部の下の犠牲層を等方的なエッチング行い取り除くことにより、前記可動部分を基板から分離する工程を含むことを特徴とする。

【0022】

本発明の特徴は、以下に図面に従い説明される発明の実施の形態例から更に明らかになる。

【0023】

【発明の実施の形態】

図3に本発明に従う平面光回路構造を有する光波長スイッチの構成図を示し、図4に本発明の動作原理を示す。

【0024】

図3に示す本発明に従う平面光回路構造は、シリコン基板上にPLC（Planer Lightwave Circuit）技術により形成されたPLC型の回路であり、二つのスラブ導波路（slab wave guide）1、3、アレイ導波路2及び、可動ミラーアレイ4を有する。スラブ導波路1の一方側に入力導波路1A、出力導波路1B、1Cが接続され、他方側に、アレイ導波路2の一方側が接続されている。アレイ導波路2の他方側にはスラブ導波路3が接続され、これによって、導波路型回折格子を構成している。

【0025】

さらに、PLC上において、かかる導波路型回折格子の焦点位置にモノリシッ

クに集積された可動ミラーアレイ 4 が形成されている。

【0026】

スラブ導波路 1、3 は、誘電体などを一層又は、多層構造の平面媒体で構成されるものであり、面に沿った方向に光信号を伝播する性質を有するものである。かかるスラブ導波路 1、3 に入力する多波長光信号は、スラブ導波路面ないを広がりながら伝播し、伝播した入力光 1 A は、アレイ導波路 2 の対応する位置の光導波路に入力する。

【0027】

アレイ導波路 2 を伝播した光信号は、アレイ導波路の長さに対応した光路長差を与えられて、スラブ導波路 3 に入力する。面に沿った所定の方向に伝播し、回折によって波長ごとに異なる方向に集光し、可動ミラーアレイ 4 の位置に入射する。

【0028】

図 4 は、可動ミラーアレイ 4 の動作原理を説明する図である。波長ごとの集光位置に対応して、複数の反射ミラーが並べられている。各々の反射ミラーは、V 字型の反射ミラーを形成し、図 4 に示すような第 1 の状態 S 1 と第 2 の状態 S 2 間を可動に形成されている。

【0029】

状態 S 1 側に動かされた反射ミラーに入射した光は当該反射ミラーで光路を変換され入射光より右にずれてスラブ導波路 3 に入射する。このため、前記導波路型回折格子を逆に戻って入力導波路からずれた位置に集光する。したがって、この集光位置に出力導波路を配置することにより出力 1 B に光信号を出力する。

【0030】

同様に状態 S 2 側に動かされた反射ミラーで入射光より左にずれて折り返された光は出力導波路 1 C から出力されることになる。

【0031】

このようにそれぞれの波長の集光位置に反射ミラーを状態 S 1、S 2 に切り替えることによって入射ポート 1 A から入力する光を波長ごとに出力ポート 1 B、1 C に出力するようにスイッチングする光波長スイッチを構成している。

【0032】

図3の例では、入射光1Aとして波長 $\lambda_1 \sim \lambda_5$ の光信号が波長多重されている。そして、第1の出力ポート1Bに波長 λ_2 、 λ_4 の光信号が、第2の出力ポート1Cに波長 λ_1 、 λ_3 、 λ_5 の光信号が出力される。

【0033】

図5、図6に本発明の光波長スイッチを構成する可動ミラーアレイ4の第1の実施例構成を示す。図5は、光波長スイッチの可動ミラーアレイ4の一構成例の斜視図である。また、図6は、図5に示す可動ミラーアレイ4の平面図である。それぞれ可動ミラーアレイ4を構成する複数の反射ミラーの一部のみ示している。

【0034】

シリコン等の基板100上に形成される可動ミラーアレイ4において、可動部分は可動部梁40と反射ミラー形成部41からなる。可動部分は基板100に接触しておらず、可動部梁40の片端で片持ち梁状に基板100に支持されている。

【0035】

また、可動部梁40の両側面には可動部電極40A、40Bが形成されている。反射ミラー形成部41のスラブ導波路3側の端面はV字型になっており、表面に金属膜等により反射ミラー42が形成されている。

【0036】

更に反射ミラー形成部41の両脇に基板100に固定されている固定部43、44が形成され、それぞれ側面には固定部電極43A、43B及び44A、44Bが形成されている。

【0037】

固定部電極43Aと可動部電極40Aの間に電圧をかけると両部分の間に静電引力が働き、基板100に片側でしか固定されていない可動部梁40が固定部43に引き寄せられてミラー形成部41が固定部43の先端に形成されたミラー位置決め部43Cに突当たり、状態S1に保持される。

【0038】

同様に固定部電極 44A と可動部電極 40B の間に電圧をかけると状態 S2 に保持される。このような構造で入射光を出力 1 と出力 2 にスイッチングすることが出来る。

【0039】

本発明の実施例として、図 5、図 6 に示した構成では、可動部を動かす力として静電力を利用しているが、本発明はこれに限定されない。例えば、電磁力を利用しあるいは、可動部側面に圧電材料を形成することにより、圧電歪みの力を利用して同様の作用を得ることが可能である。

【0040】

また、本発明の実施例では、反射ミラー 42 の位置を状態 S1、状態 S2 に限定してスイッチング機能を説明したが、電極にかかる電圧を調整することにより状態 S1、S2 の中間状態に反射ミラーを保持することも可能である。

【0041】

かかる構造の場合、出力に結合する光の量を調整することが可能であるので光可変減衰器としての機能を持たすことも可能である。

【0042】

なお、スラブ導波路 3 と空気の双方の屈折率差が大きい場合は、スラブ導波路 3 から出射した光が反射ミラー 42 までの空間を伝播する間にビーム径が広がることにより再びスラブ導波路 3 に入射する際に結合損失が大きくなったり端面で反射損失を生じたりする。

【0043】

これを低減するために空間部分に導波路コア層の屈折率と同等または少し高めの屈折率を持つ液体を充填することも可能である。

【0044】

図 7 は、本発明の第 2 の実施の形態例に従う可動ミラーアレイ 4 の構造を示す図であり、図 7A は、可動ミラーアレイ 4 の一部の平面図であり、図 7B は、図 7A において、破線 a-b で切断した横断面を示す図である。図 7C は、図 7A と比較するための図 6 の実施の形態例における可動ミラーアレイ 4 の一部の平面図である。

【0045】

図7において、反射ミラー形成部41以外の構成は図5、図6に示した第1の実施の形態例と同様である。

【0046】

本実施の形態例では、反射ミラー形成部41は、V字状の反射ミラー面42の内側にミラー部スラブ導波路構造421が形成されている。これは、反射ミラー形成部41にミラー形成溝422を形成することにより容易に実現可能である。

【0047】

これによりスラブ導波路3から出射した光が反射ミラー42の面で反射してスラブ導波路3に再結合するまでに自由空間(空気層)を伝播する距離 L_1 を短くすることができる(図5の実施例に対応する図7Cに示す距離 L_2 との関係は、 $L_2 > L_1$ である)。

【0048】

これにより、図7A、7Bに示す実施例では、可動ミラーアレイ4とスラブ導波路3の結合損失を大幅に低減できる。

【0049】

ここで、スラブ導波路3からのスラブ導波路構造421への入射角度をスラブ導波路構造421のV字形状の端面で全反射条件を満たすように設定しておけば、スラブ導波路構造421のV字形状の端面がそのまま全反射ミラー42として機能する。もちろん、前記端面に金属などの高反射膜を成膜して使用することも可能である。

【0050】

本実施例ではスラブ導波路421からの出射光のV字反射ミラー42への入射角度が 45° となるように配置し、V字の間の角度を 90° で形成してある。

【0051】

導波路コア層及びクラッド層の屈折率を1.4142以上で作成すれば、スラブ導波路3からの出射光がスラブ導波路421入射した際に、溝部422の空気層との間での全反射条件を満たす。これによりミラー形成部端面が全反射ミラー42として機能する。

【0052】

更にV字の一边で折り返された光はV字のもう一边に入射角 45° で入射することになるためここでも全反射条件を満たして光がスラブ導波路3に向けて、スラブ導波路3からの出射光と平行に折り返すことが出来る。

【0053】

図8は、さらに本発明に従う別の平面光回路構造を有する光波長スイッチの構成図を示し、図9に本実施例の動作原理を示す。

【0054】

この実施例では、図3に示した第1の実施例における、スラブ導波路1, 3, アレイ導波路2及び可動ミラーアレイ4で構成される回折格子+ミラーアレイの基本回路を2組用意し、スラブ導波路1, 1'の一部分及び、スラブ導波路3, 3'の一部分をそれぞれ共通化できるように2つに重ねた構成を有するものである。

【0055】

かかる構成により回路の占有面積を低減でき、1枚のシリコン基板から取得できるチップの数を向上させることが可能となる。また2つの基本回路のスラブ導波路1, 1'の出力をカップラ50, 51で結合させることにより、入力1A, 1A'と出力1B, 1Cの間で任意の波長の交換が可能な光クロスコネクト機能が可能となる。

【0056】

例えば、入力1A, 1A'の光信号の波長をそれぞれ $\lambda A1 \sim \lambda A5$, $\lambda B1 \sim \lambda B5$ とすると、カップラ50からは第1の出力として、波長 $\lambda A1$, $\lambda B2$, $\lambda A3$, $\lambda B4$, $\lambda A5$ の光信号が出力され、カップラ51からは第2の出力として波長 $\lambda B1$, $\lambda A2$, $\lambda B3$, $\lambda A4$, $\lambda B5$ の光信号が出力される。

【0057】

図9は、かかる条件の入出力の関係を得るための可動ミラーアレイ4, 4'における複数の反射ミラーの状態図であり、図9Aはスラブ導波路3に対応する可動ミラーアレイ4における反射ミラーの状態図である。また、図9Bはスラブ導波路3'に対応する可動ミラー4'における反射ミラーの状態図である。

【0058】

次に、図10により本発明に従う光波長スイッチの可動ミラーアレイの製造工程を説明する。図10Aは、図7Aに示した反射ミラー形成ブロック図41の構造を有する光波長スイッチの平面図を示し、これを例にして以下に製造工程を説明する。

【0059】

図10Bにおいて、シリコン(Si)基板100上に、先ず犠牲層101となるGSG(ゲルマニウム添加シリカガラス)層を成膜し、次にアンダークラッド層102となるBPSG(ボロン・リン添加シリカガラス)層またはPSG(リン添加シリカガラス)を形成し、続いてコア層103となるGPSG(ゲルマニウム・リン添加シリカガラス)層を成膜する。

【0060】

次に、コア層102上にコアパターンを形成するためのエッチングマスク(フォトレジスト等)を形成し、このマスクを通してRIE(Reactive Ion Etching)等で方向性を持ったエッチングを行う。

【0061】

パターン部分以外のコア層103を除去して導波路コアパターンを製作する。その後、オーバークラッド層104となるBPSG層を成膜する。これにより、コア埋め込み導波路構造を形成する。

【0062】

なお、犠牲層101、アンダークラッド層102、コア層103及び、オーバークラッド層の成膜の方法としてはCVD(Chemical Vapor Deposition)、FHD(Flame Hydrolysis Deposition)、スパッタリングなどの手法が用いられる。

【0063】

図10Cにおいて、オーバークラッド層104にフォトレジスト等でエッチングマスクを形成し、RIE等で方向性を持ったエッチングにより、アンダークラッド102の途中部分までエッチングする。これにより、ミラー形成溝422を形成すると共に可動部梁40の側面をアンダークラッド102の途中まで露出さ

せる。

【0064】

次に図10Dにおいて、ミラー形成溝422のV字端面部分と前記可動部梁40の側面にCVDや無電解メッキや蒸着等で金属膜を形成する。これにより、反射ミラー42及び、電極40A, 40Bが形成される。

【0065】

図Eにおいて、更に、フォトリジスト等で可動部40の形状をパターニングした後、RIE等の方向性を持ったエッチングでシリコン基板100までエッチングを行い可動部40の形状を形成する。

【0066】

最後に、図10Fにおいて、可動部40以外のところにフォトリジスト等でマスクを行った後、非常に薄いフッ硝酸溶液（フッ酸：硝酸：水＝1：1：50）でエッチングを行う。

【0067】

このとき、犠牲層101であるGSG（ゲルマニウム添加シリカガラス）膜はアンダークラッド102を形成しているBP SG膜またはPSG膜、及びコアを形成しているGPSG膜に対して100倍以上早く前記フッ硝酸溶液に非常に早く溶解する。このため、選択的に犠牲層101だけをエッチングすることが可能である。これにより可動部分40を基板100から分離し、片持ち梁状の可動ミラー4を形成することが出来る。

【0068】

ここで、GSG層は、選択エッチングのために挿しているので、クラッド層及びコア層を形成する膜に対してエッチング選択比の大きい絶縁膜であれば、何でも良いことは言うまでもない。

【0069】

なお、上記実施の形態例において、可動ミラーアレイ4において、反射ミラーを2つの状態S1, S2に切り替えることを説明したが、さらに先に言及したように状態S1, S2の中間位置に位置づけるように制御することにより可変減衰器としての機能を持たせることも可能である。

【0070】

したがって、本願において光波長スイッチという用語の定義には、可変減衰器としての機能を有する光機能デバイスも含まれるものである。

【0071】

(付記1)

第1及び第2のスラブ導波路と、

前記第1及び第2のスラブ導波路に接続されるアレイ導波路と、

前記第2のスラブ導波路の前記アレイ導波路が接続される側と反対側に配置され、複数の反射ミラーを有する可動ミラーアレイと、

前記第1のスラブ導波路の前記アレイ導波路が接続される側と反対側に、波長多重された入力光信号を入力し、更に前記入力光信号の波長分離された光信号を出力する光導波路を有し、

前記可動ミラーアレイを構成する複数の反射ミラー位置に前記第2のスラブ導波路からの出力光の焦点を有し、前記複数の反射ミラーの設定される反射方向により前記第2のスラブ導波路に反射入力される光信号の方路を切り替えることを特徴とする光波長スイッチ。

【0072】

(付記2)付記1において、

前記可動ミラーアレイを構成する複数の反射ミラーは、凹み形状の反射面を有し、前記反射ミラーの反射角度は、前記凹み形状の反射面を光軸と垂直方向に移動することにより設定されることを特徴とする光波長スイッチ。

【0073】

(付記3)付記2において、

前記可動ミラーアレイと前記第2のスラブ導波路の間に空間を有し、且つ前記凹み形状部に、前記第2のスラブ導波路と同一構造のクラッド層とコア層を有することを特徴とする光波長スイッチ。

【0074】

(付記4)

基板上に形成された平面導波路を有する光波長スイッチであって、

前記平面導波路は、入出力導波路と、前記入出力導波路に接続する第1のスラブ導波路と、前記第1のスラブ導波路に一方側を接続するアレイ導波路と、前記アレイ導波路の他方側を接続する第2のスラブ導波路とを備えた少なくとも一つの導波路型回折格子を有し、

更に、前記基板に片持ち梁状に支持された可動部と、

前記第2のスラブ導波路の端面に対向するように前記可動部の先端部に形成された反射ミラーを有し、

前記反射ミラーは、前記可動部に前記第2のスラブ導波路の端面に対向するようにエッチングにより凹面を有する溝を形成することにより得られ、前記凹面で前記第2のスラブ導波路の端面から出力する光を全反射するように構成されていることを特徴とする光波長スイッチ。

【0075】

(付記5)付記4において、

前記可動部は前記スラブ導波路と同一構造のクラッド層を有し、

前記コア層とクラッド層は、屈折率が1.4142以上であり、前記凹面を有する溝が空気層を形成し、

前記可動部の前記凹面から前記第2のスラブ導波路の端面に向かう側の領域において前記第2のスラブ導波路の端面から前記凹面に入射する光の入射角度が45度以上となるように、前記前記第2のスラブ導波路の端面と前記凹面の位置関係が設定されていることを特徴とする光波長スイッチ。

【0076】

(付記6)

基板上に形成された平面導波路を有する光波長スイッチであって、

基板上に形成された犠牲層上に、アンダークラッド層と、前記アンダークラッド層上に形成されたコア層及び前記コア層上に形成されたオーバークラッド層をそれぞれ有する、入出力導波路と、前記入出力導波路に接続する第1のスラブ導波路と、前記第1のスラブ導波路に一方側を接続するアレイ導波路と、前記アレイ導波路の他方側を接続する第2のスラブ導波路とを備えた導波路型回折格子と

前記導波路型回折格子と同じ前記アンダークラッド層と、前記コア層及び前記オーバークラッド層を有する、一端が前記基板に固定された可動梁を有し、

前記可動梁の先端部に前記第2のスラブ導波路の端面に対向する反射ミラーを有し、前記反射ミラーの位置が光軸と垂直方向に移動可能に設定される

ことを特徴とする光波長スイッチ。

【0077】

(付記7)付記6において、

前記反射ミラーは、前記第2のスラブ導波路の端面に向かう面が凹面に形成されていることを特徴とする光波長スイッチ。

【0078】

(付記8)付記6において、

前記導波路型回折格子と前記反射ミラーとの間に前記犠牲層までエッチングされた溝による空気層を有し、

前記反射ミラーの反射面は、前記可動部のアンダークラッド層の一部にまで達するエッチングにより形成された溝の前記第2のスラブ導波路の端面に向かう溝壁に高反射膜を成膜して形成されていることを特徴とする光波長スイッチ。

【0079】

(付記9)付記4において、

前記導波路型回折格子を2個有し、2個の前記第1のスラブ導波路は、一部に共通部を有し、前記入出力導波路と接続される端面が異なるように一体化され、2個の前記第2のスラブ導波路は、一部に共通部を有し、それぞれ異なる反射ミラーアレイと接続される端面が異なるように一体化されていることを特徴とする光波長スイッチ。

【0080】

(付記10)

シリコン基板に、GSG（ゲルマニウム添加シリカガラス）からなる犠牲層を形成する工程と、

BPSG（ボロン・リン添加シリカガラス）またはPSG（リン添加シリカガラス）からなるアンダークラッド層及びオーバークラッド層及び前記アンダークラ

ッド層及びオーバクラッド層の間に形成される G P S G (ゲルマニウム・リン添加シリカガラス) からなるコア層を有する導波路構造を形成する工程と、

前記オーバクラッド層及びアンダークラッド層又はコア層を前記犠牲層に達するまで異方性エッチングして可動部の形状と導波路端面を形成する工程と、

前記可動部下の犠牲層を等方的なエッチング行い取り除くことにより、前記可動部分を基板から分離する工程を含むことを特徴とする波長スイッチ機能を有する光機能デバイスの製造方法。

【0081】

【発明の効果】

以上図面に従い、実施の形態例を説明したように、本発明では、分光機能には、P L C (Planer Lightwave Circuit) 技術により基板上に作成した導波路型回折格子を用い、更に M E M S ミラーを P L C 基板状にモノリシックに集積化することにより、波長スイッチ機能を有する光機能デバイスが実現される。

【0082】

本発明では分光機能部とスイッチ機能部を一つの基板上にモノリシックに集積するため位置あわせ工程が不要であり、組み立て工数が大幅に削減される。また、ウエハプロセスにより一括製作が可能となるため大幅な低コスト化が期待できる。

【0083】

更に、基板上に製作した導波路内に光を閉じ込めて伝播させるので小型、薄型化が容易に実現可能である。本発明により組み立て工数の低減、低コスト化を実現できる平面光回路構造を有する光波長スイッチが提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】

一般的な光挿入分岐モジュールを説明する図である。

【図2】

波長スイッチの従来例構成を示す図である。

【図3】

本発明に従う平面光回路構造を有する光波長スイッチの構成を示す図である。

【図 4】

本発明の動作原理を示す図である。

【図 5】

光波長スイッチの可動ミラーアレイ 4 の一構成例の斜視図である。

【図 6】

図 5 に示す可動ミラーアレイ 4 の平面図である。

【図 7】

本発明の第 2 の実施の形態例に従う可動ミラーアレイ 4 の構造を示す図である。

【図 8】

本発明に従う別の平面光回路構造を有する光波長スイッチの構成図を示し、図 9 に本実施例の動作原理を示す。

【図 9】

図 8 の実施例の動作原理を示す図である。

【図 10】

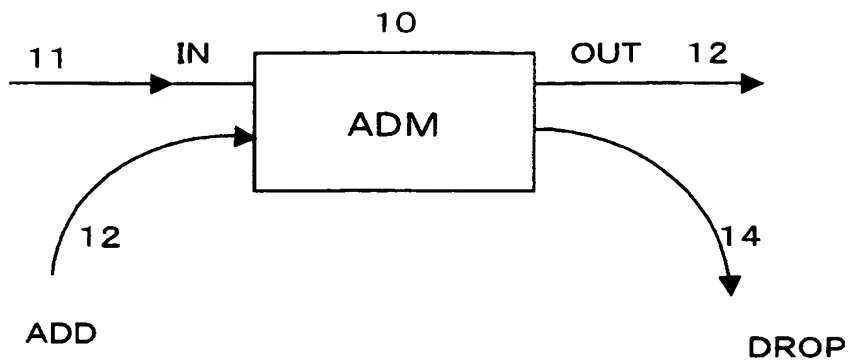
本発明に従う光波長スイッチの可動ミラーアレイの製造工程を説明する図である。

【符号の説明】

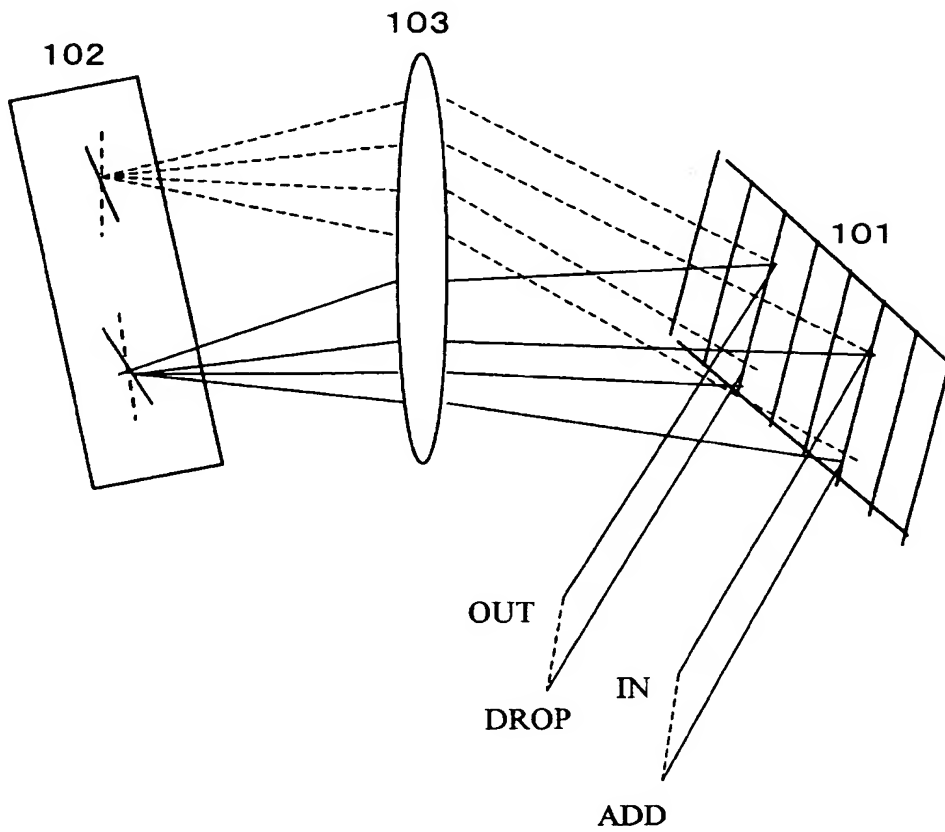
- 1, 1', 3, 3' スラブ導波路(slab wave guide)
- 2, 2' アレイ導波路
- 4, 4' 可動ミラーアレイ
- 40 可動部梁
- 43, 44 固定部
- 41 反射ミラー形成部
- 42 反射ミラー
- 100 基板

【書類名】 図面

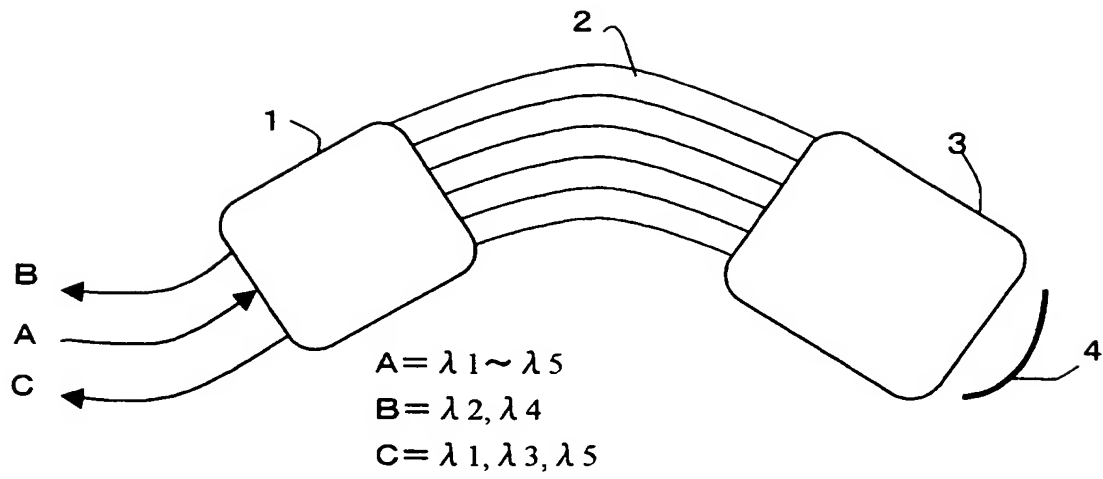
【図 1】



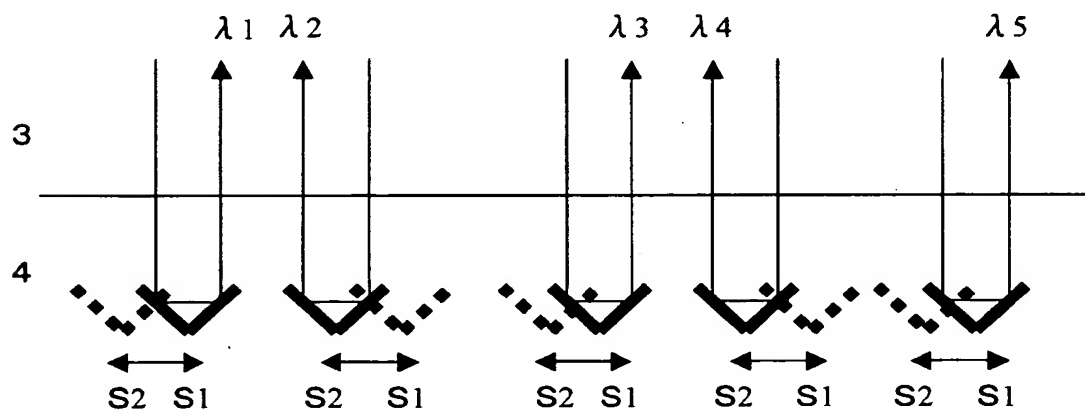
【図 2】



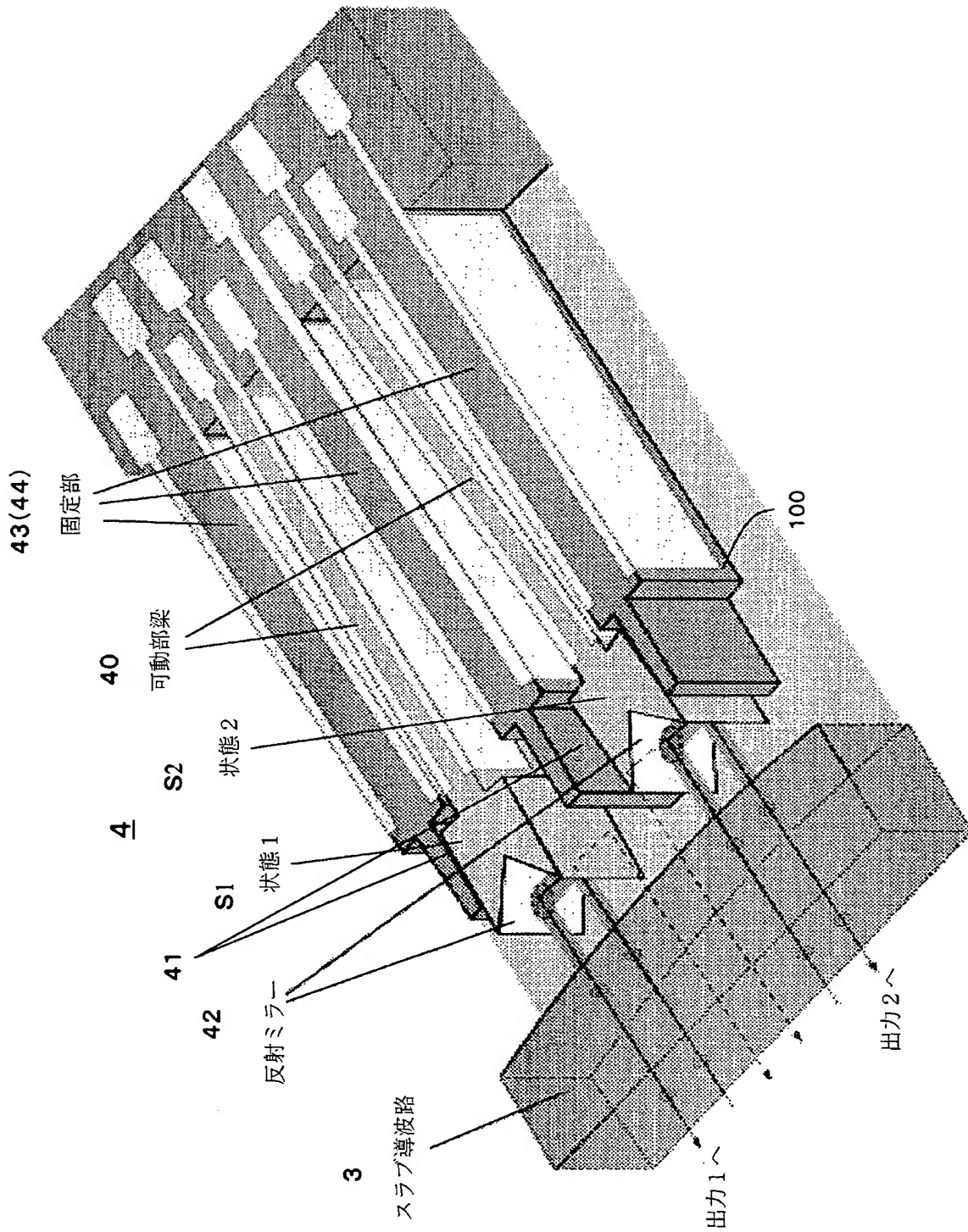
【図 3】



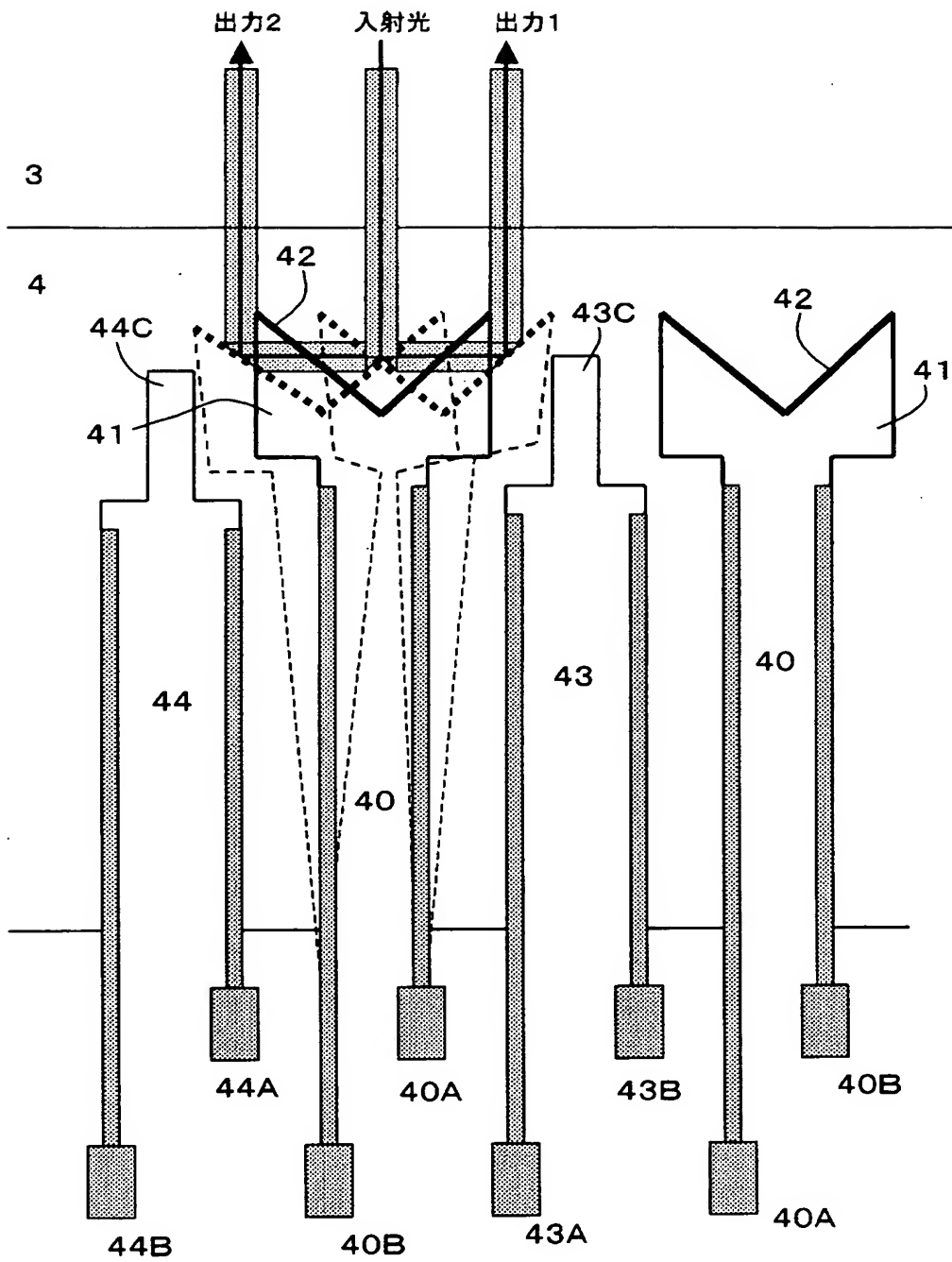
【図 4】



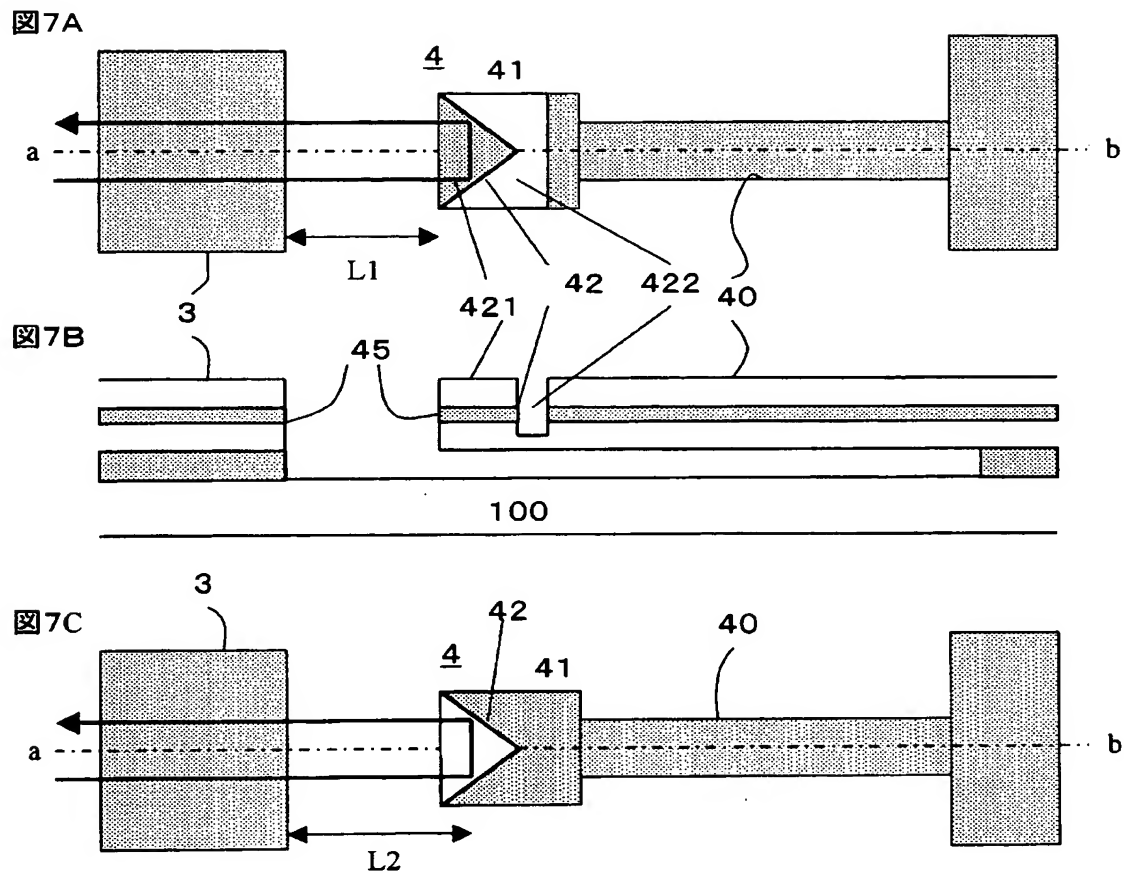
【図 5】



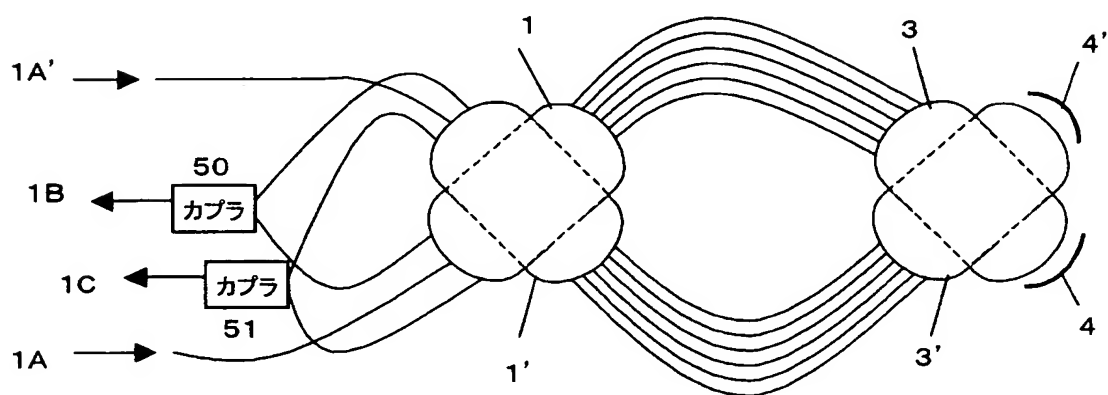
【図 6】



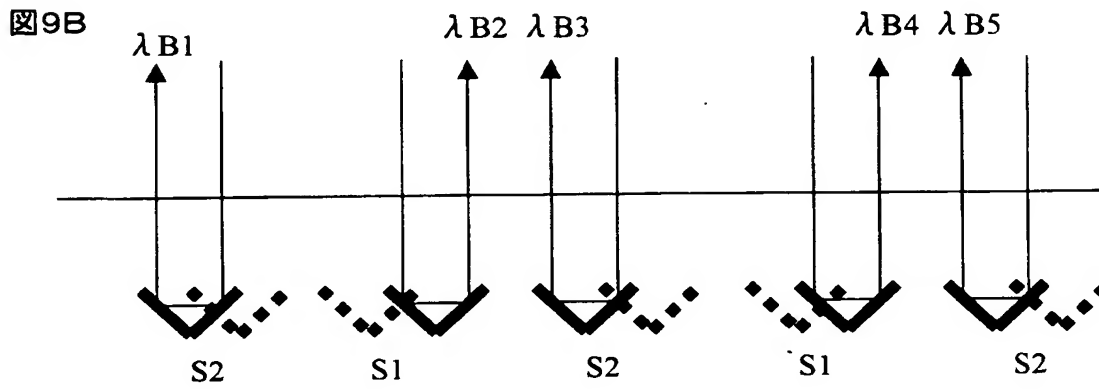
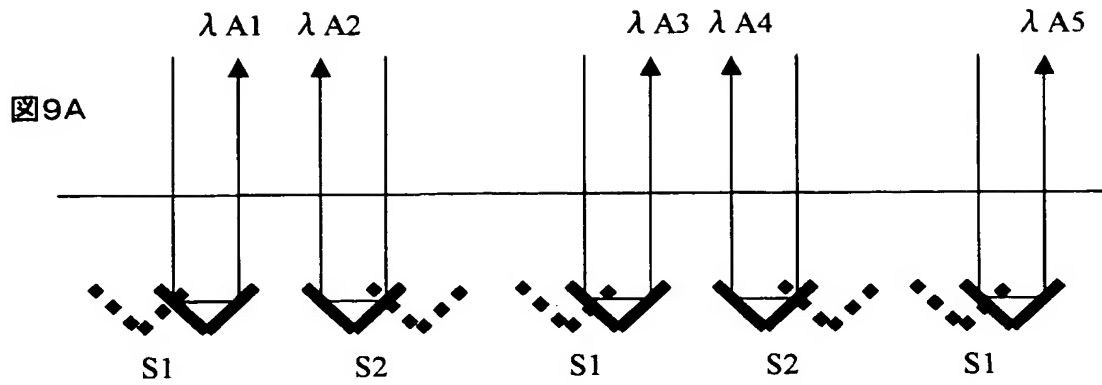
【図 7】



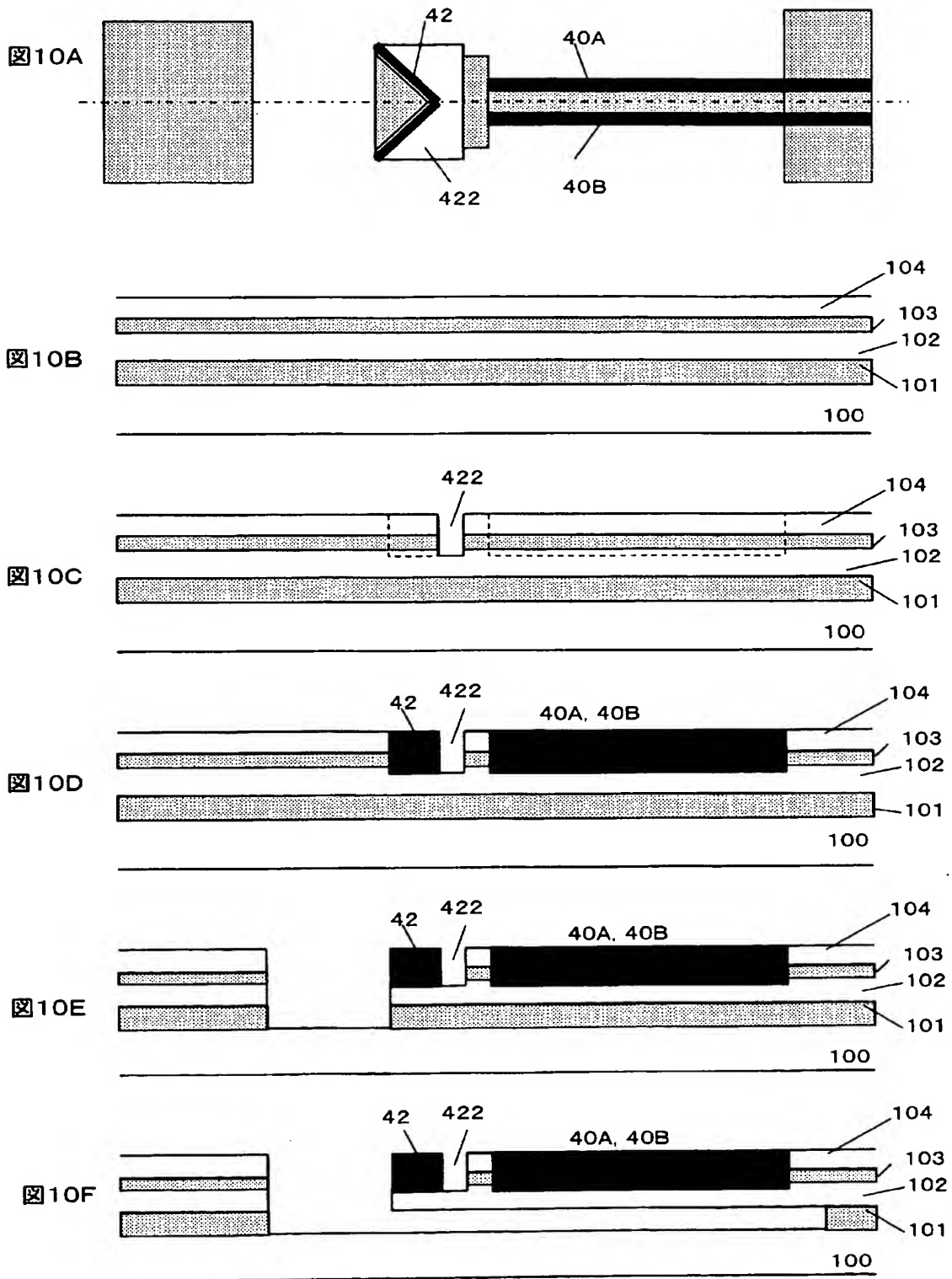
【図 8】



【図 9】



【図10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 組み立て工数の低減、低コスト化を実現できる平面光回路構造を有する光波長スイッチを提供する。

【解決手段】 基板上に形成された平面導波路を有する光波長スイッチであって、基板上に形成された犠牲層上に、アンダークラッド層と、前記アンダークラッド層上に形成されたコア層及び前記コア層上に形成されたオーバークラッド層をそれぞれ有する、入出力導波路と、前記入出力導波路に接続する第 1 のスラブ導波路と、前記第 1 のスラブ導波路に一方側を接続するアレイ導波路と、前記アレイ導波路の他方側を接続する第 2 のスラブ導波路とを備えた導波路型回折格子と、前記導波路型回折格子と同じ前記アンダークラッド層と、前記コア層及び前記オーバークラッド層を有する一端が前記基板に固定された可動梁を有し、前記可動梁の先端部に前記第 2 のスラブ導波路の端面に対向する反射ミラーを有し、前記反射ミラーの位置が光軸と垂直方向に移動可能に設定される。

【選択図】 図 3

特願 2 0 0 3 - 1 8 5 1 9 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 2 3]

1. 変更年月日
[変更理由]

1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

住 所
氏 名

住所変更

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号
富士通株式会社